

## BIOSORPSI LOGAM BERAT PLUMBUM (Pb) MENGUNAKAN BIOMASSA *Phanerochaete Chrisosporium*

Nana Dyah Siswati<sup>\*)</sup>, Tenti Indrawati<sup>\*\*)</sup>, Meliya Rahmah<sup>\*\*\*)</sup>

<sup>\*)</sup> Staf pengajar, <sup>\*\*) dan \*\*\*)</sup> Alumni

Jurusan Teknik Kimia FTI UPN “Veteran” Jawa Timur  
Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar Surabaya, 60294.  
Fax. 031 8782257.

### ABSTRAK

Kontaminan logam berat yang memiliki tingkat bahaya tertinggi selain Mercury (Hg) adalah Plumbum (Pb). Oleh karena itu perlu dibatasi kandungan maksimum logam berat tersebut dalam air limbah. Biosorpsi merupakan proses penyerapan ion logam oleh microorganisme. Proses biosorpsi yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan Jamur *Phanerochaete Chrisosporium* untuk menyerap ion logam berat Pb dengan mempelajari konsentrasi biomassa (1; 1,5; 2; 2,5; 3)(mgr/l) dan kecepatan pengadukan (50; 100; 150; 200; 250)(rpm). Hasil terbaik diperoleh pada konsentrasi biomassa 3 mgr/l dan kecepatan pengadukan 200 rpm, dengan Pb yang terserap sebanyak 66,79 % (kadar Pb awal dalam air limbah 23,19 mgr/l turun menjadi 7,7 mgr/l)

**Kata kunci :** Logam Pb, Biosorpsi, *Phanerochaete Chrisosporium*, Air limbah

### ABSTRACT

Beside Mercury (Hg), Plumbum (Pb) is also a kind of heavy metal contaminant with high danger level. It therefore needs to limit the maximum content of heavy metal in any waste water. Biosorption is an absorption process of metal ion by any dead microorganism. The absorption in this research used bacteria *Phanerochaete Chrisosporium* to absorb the ion of heavy metal (Pb). It was done by observing various concentrate of biomassa : 1; 1,5; 2; 2,5; 3 (gr/l) and a variety of mixing velocity : 50; 100; 150; 200; 250 (rpm). The best result was reached at the concentrate of biomassa 3 mgr/l and the mixing velocity of 200 rpm. The amount of absorbed Plumbun (Pb) was 66, 79 % (the previous content of Plumbum in liquid waste was 23,19 mg/l, and decreased to 7,7 mg/l)

**Key word :** Plumbum, Biosorption, *Phanerochaete Chrisosporium*, Waste Water

## PENDAHULUAN

Luasnya penggunaan timbal (Pb) oleh manusia seperti dalam bahan bakar bensin, baterai, cat dan sebagainya menyebabkan kemungkinan tercemarnya perairan oleh logam Pb juga tinggi. Plumbum/ timbal menunjukkan beracun pada system syaraf, homeotologic, dan mempengaruhi kinerja ginjal. Pencemaran lingkungan oleh kontaminan logam berat ini seperti cadmium, chromium, merkuri dan lainnya, masuk ke lingkungan melalui limbah industri, pertambangan, buangan dari proses electroplating, pembakaran bahan bakar minyak dan sebagainya. Ion-ion logam berat tersebut mencemari lingkungan, sebagian besar terbawa melalui jalur air (Prasetyo, I., 1992). Proses ini akan lebih cepat bila memasuki tubuh manusia melalui rantai makanan, sangatlah sukar membersihkan lingkungan yang telah tercemar oleh logam. Oleh karena itu untuk mengontrol pencemaran lingkungan oleh logam berat, perlu dibatasi kandungan maksimum logam dalam suatu limbah yang boleh dibuang ke lingkungan, seperti tercantum pada tabel berikut :

Tabel 1. Baku Mutu Limbah Cair Industri dan Kegiatan Usaha Lainnya

Parameter	Golongan Bahan Baku Limbah Cair (mg/l)			
	I	II	III	IV
Timbal (Pb)	0,1	0,5	1	3

Sumber : SK Gubernur Jatim Nomor 45 tahun 2002)

Berdasar atas resiko logam Pb pada manusia, maka harus diadakan suatu perbaikan terhadap sistem pengolahan limbah logam-logam tersebut. Salah satunya adalah proses pengolahan dengan menggunakan mikroorganisme. Saat ini pengolahan secara biologis untuk mengurangi logam berat dalam air limbah merupakan alternative yang berpotensi untuk dikembangkan dibandingkan dengan proses kimia, yang umumnya pada akhir pengolahan limbah masih ditemukan permasalahan penanganan pembuangan limbah logam yang telah diolah. Kapasitas pemungutan atau penyerapan logam beberapa biomassa tersebut bahkan terbukti lebih tinggi dibandingkan dengan penukar ion komersial (Volesky dalam Soepriyanto, dkk., 2004).

Berbagai jenis mikroba seperti ganggang, jamur dan bakteri dapat digunakan sebagai adsorben alternative untuk penyerapan ion logam di dalam air limbah. Kemampuan mikroorganisme untuk menyerap logam (bioremoval) dari larutan telah dikenal selama beberapa decade terakhir.

Penyerapan ion logam tersebut dapat terjadi secara aktif dengan sel hidup (bioaccumulation) atau secara pasif terjadi pada permukaan sel mati maupun hidup (biosorption).

Proses biosorpsi lebih dapat di aplikasikan dari pada proses bioakumulasi, hal ini disebabkan sel hidup pada proses bioakumulasi membutuhkan tambahan nutrisi, selain itu juga pengendalian sel hidup lebih sulit dikarenakan pengaruh racun dari logam dan pengaruh lingkungan lainnya (Hany, H., 2004).

*Phanerochaete chrysosporium* dapat digunakan untuk bioremedasi dari campuran kompleks senyawa polutan, karena kemampuannya untuk menurunkan beberapa senyawa dalam polutan, termasuk genus Basidiomycetes memproduksi Laccase dan peroksida yang tersusun secara normal dalam degradasi lignin, yang mengandung kompleks poliaromatik.

Menurut Soepriyanto, dkk., 2004, mikroba ini mempunyai kemampuan untuk mengadsorpsi ion logam Cr (VI), pretreatment menggunakan NaOH 0,5 N dapat meningkatkan kemampuan biomassa untuk menyerap ion logam Cr (VI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas biosorpsi maksimum dapat dicapai dalam waktu 150 menit sebesar 5,13 mg/g dengan pretreatment menggunakan NaOH.

Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan menggunakan biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai penyerap ion logam berat Plumbum (Pb) yaitu biomasa *Phanerochaete chrysosporium* dengan proses biosorpsi.

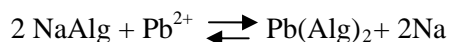
## TINJAUAN PUSTAKA

*Phanerochaete chrysosporium* merupakan mikroorganisme ligninolitik paling efisien, namun jamur ini juga dapat menghasilkan enzim protease, kuinon reduktase dan selulase (Suparjo, 2008). Jamur ini merupakan mikroorganisme bersel banyak, hidup secara aerobik, non fotosintetik kemoheterotrof, dan termasuk eukariotik. Menggunakan senyawa organik sebagai substrat dan memproduksi secara aseksual dengan spora, kebutuhan metabolisme mereka sama seperti bakteri namun membutuhkan lebih sedikit nitrogen dan dapat tumbuh dan berkembang biak pada pH rendah. Ukuran jamur lebih besar dari bakteri tapi karakteristik pengendapannya buruk. Oleh karena itu tidak disukai dalam proses activated sludge. Temperature optimum yang mendukung pertumbuhan jamur ini adalah 39°C, dengan pH antara 4-5. Karena mikroorganisme ini termasuk aerobik, maka aktivitas biologisnya juga

dipengaruhi oleh konsentrasi oksigen terlarut dalam media.

Jamur pelapuk putih memproduksi enzim oksida ekstraseluler yang dapat mendegradasi polimer aromatic kompleks di alam yaitu lignin. Enzim tersebut mengandung peroksidase, lignin peroksidase (LiP) dan Mangan peroksidase (MnP). Enzim pengoksidasi ini menyebabkan oksidasi 1 elektron pada senyawa aromatic dalam lignin. Kation radikal yang dihasilkan mudah dipengaruhi untuk oksidasi selanjutnya dengan adanya  $O_2$ . Sistem ligninolitik ini sifatnya nonselektif sehingga senyawa aromatic yang lain juga dapat dioksidasi dan dibiodegradasi oleh jamur pelapuk putih. Contohnya Pentachlorophenol (PCP), dioxins, polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) dan zat warna azo (Azo dye).

Dinding sel jasad hidup baik prokariotik maupun eukariotik tersusun atas beberapa polisakarida, salah satu polisakarida yang terkandung dalam dinding sel yaitu senyawa alginat, mempunyai sifat ion exchange dengan mekanisme sebagai berikut (Paskin-Hurlburt, dkk., 1976 dalam Nurhayati dan Maryanti, E.N., 2004) :



dan kedua adalah formasi kompleks antara ion-ion logam dengan functional group seperti carbonyl, amino, thiol, hydroxyl, phosphate dan hydroxycarboxyl yang berada pada dinding sel. Proses biosorpsi ini bersifat bolak-balik dan cepat, dapat lebih efektif dengan kondisi pH tertentu dan kehadiran ion-ion lainnya di media dimana logam berat dapat terendapkan sebagai garam yang tidak terlarut (Gadd, G.M., 1988). Misalkan pH optimum biosorpsi ion lead (II) dan copper (II) oleh *Zoogloea ramigera* adalah berkisar antara 4,0-4,5 sedangkan untuk besi (II) adalah 2,0 (Suhendrayatna, 2001).

Jika pH rendah akan terjadi kompetisi ion logam dengan ion hydrogen, sehingga ion logam berat terhambat untuk diserap oleh dinding sel, kompetisi diakibatkan banyaknya ion hydrogen pada pH rendah yang dapat menghalangi adsorpsi kation logam pada dinding sel biomassa (Wallace, 2003). Sedangkan jika pH diatas 7 tidak efektif karena pada pH 6 telah mulai terjadi presipitasi dan pH optimum biosorpsi adalah pH 4-5 serta dari penelitian dengan menggunakan sargassum menyimpulkan hal yang sama bahwa proses biosorpsi tidak efektif pada pH dibawah 3,5 ataupun pH diatas 5,5 (Cossich, E.S., 2002). Polisakarida lain yang mempunyai sifat ion exchange misalnya senyawa porphyran yang terdapat pada ganggang laut *Porphyrha perforata*.

Senyawa ini bertanggung jawab dalam proses penyerapan kalium dan pelepasan natrium pada ganggang tersebut. Komposisi kimia dinding sel tentu saja bukan merupakan satu-satunya faktor yang menyebabkan terjadinya proses biosorpsi, meskipun mungkin merupakan factor yang paling dominan. Factor lain seperti sifat fisis biomassa dan sifat larutan yang mengandung ion logam juga ikut berperan dalam proses biosorpsi tersebut. Jadi mekanisme yang terjadi dalam proses biosorpsi kemungkinan merupakan kombinasi dari complexasi, ion exchange, koordinasi, adsorpsi, chelation microprecipitasi dan sebagainya (Volesky dalam Soepriyanto, dkk., 2004).

#### Penentuan jumlah bahan penyerap (jumlah biomassa)

Untuk menentukan jumlah bahan penyerap yang diperlukan per jumlah air limbah digunakan model persamaan Freundlich Isothermal sebagai berikut :

$$X/M = k \cdot C_e^{1/n} \quad \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

X/M = jumlah polutan yang terserap per berat media penyerap

Ce = konsentrasi kesetimbangan polutan dalam larutan setelah adsorpsi

k dan n = konstanta empiris.

Berdasarkan model persamaan tersebut untuk memperoleh konstanta empiris k dan n dilakukan plotting antara nilai log (X/M) sebagai ordinat dan nilai log Ce sebagai absis, akan diperoleh garis lurus dengan slope 1/n dan intercepnya adalah log k.

$$\log (X/M) = \log k + 1/n \log C_e \quad \dots\dots\dots (2)$$

(Metcalf and Eddy, 1991)

Kualitas bahan penyerap dapat dianalisa dari curve kesetimbangan tersebut, bahan penyerap yang baik akan menghasilkan curva yang curam pada konsentrasi rendah dengan daya serap maksimum yang tinggi artinya bahan penyerap yang baik tidak hanya mempunyai kapasitas penyerapan yang tinggi tetapi juga harus dapat menyerap logam pada konsentrasi logam yang rendah atau dengan kata lain bahan penyerap harus mempunyai afinitas yang tinggi.

#### METODOLOGI

Limbah cair yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari limbah pabrik peleburan baja di wilayah Surabaya, dan pengambilan sampel dilakukan saat pagi hari. Biomassa *Phanerochaete chrysosporium* dibeli dari jurusan Biologi FMIPA UNAIR. Sedangkan bahan-bahan kimia seperti NaOH,  $H_2SO_4$ , aquadest,

dan lain-lain dibeli dari toko bahan kimia yang ada di Surabaya. Alat yang digunakan terdiri dari satu set alat pengaduk dan bekgelas, oven, penyaring, spektrofotometer dan timbangan.

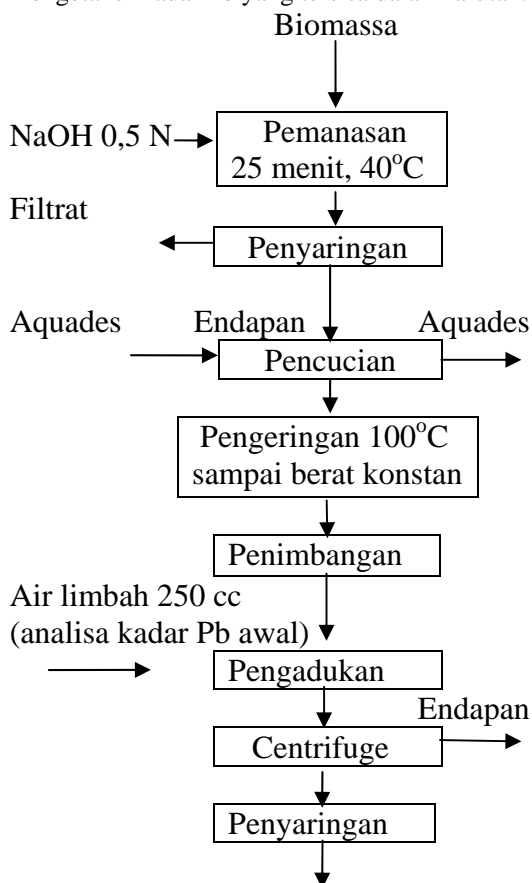
#### Cara Kerja :

##### Tahap persiapan biomassa *Phanerochaete Chrysosporium*.

Lakukan proses aktifasi biomassa dengan memanaskan dalam larutan NaOH selama 25 menit dan saring lalu cuci menggunakan aquadest sampai pH aquadest mendekati netral. Keringkan biomassa dalam oven pada suhu 100°C sampai berat konstan.

##### Proses adsorpsi.

Masukkan biomassa dengan konsentrasi sesuai variabel (gram/l)(1; 1,5; 2; 2,5; 3) dalam 250 cc air limbah, larutan dijaga pada pH 4-5, dan lakukan pengadukan sesuai variabel (rpm)(50; 100; 150; 200; 250) selama 150 menit. Setelah 150 menit larutan di centrifuge. Filtrate kemudian disaring dan selanjutnya dianalisa menggunakan spektrofotometer untuk mengetahui kadar Pb yang tersisa dalam larutan.



Analisa kadar Pb ← Air limbah hasil

Gambar 1. Diagram alir Biosorpsi logam berat Pb menggunakan bio massa *Phanerochaete Chrysosporium*

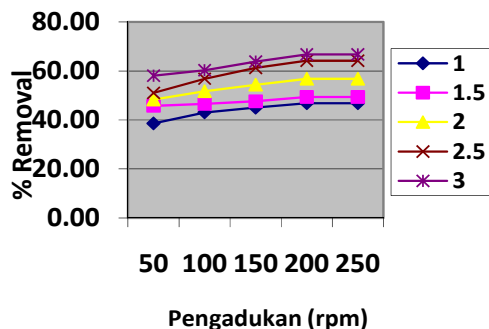
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar logam Pb awal dalam air limbah adalah 23,19 mg/l, setelah dilakukan proses biosorpsi diperoleh hasil sbb :

Tabel 2. Kadar logam Pb yang terserap dan yang tersisa.

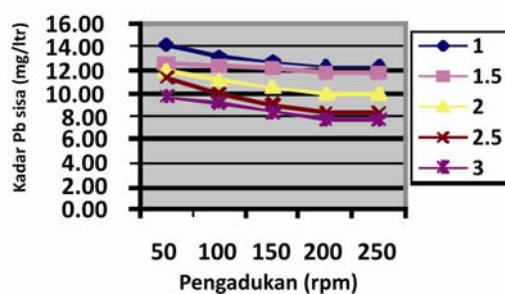
Kon sentra si bio massa (gr/l)	Penga dukan (rpm)	Kadar logam Pb sisa (mg/l)	Kadar logam Pb ter serap (mg/l)	% Re moval
1	50	14,23	8,96	38,60
	100	13,19	10,00	43,12
	150	12,75	10,44	45,02
	200	12,33	10,86	46,83
	250	12,33	10,86	46,83
1,5	50	12,58	10,61	45,75
	100	12,39	10,8	46,57
	150	12,15	10,04	47,61
	200	11,73	11,46	49,42
	250	11,73	11,46	49,42
2,0	50	11,97	11,22	48,38
	100	11,18	12,01	51,79
	150	10,57	12,62	54,42
	200	10,01	13,18	56,83
	250	10,01	13,18	56,83
2,5	50	11,36	11,83	51,01
	100	10,01	13,19	56,83
	150	8,99	14,20	61,23
	200	8,30	14,89	64,21
	250	8,30	14,89	64,21
3,0	50	9,71	13,48	58,12
	100	9,20	13,99	60,33
	150	8,30	14,80	63,82
	200	7,70	15,49	66,79
	250	7,70	15,49	66,79

Kadar logam Pb yang terserap (% Removal) dan yang tersisa dalam air limbah, disajikan dalam bentuk gambar sbb :



Gambar 2. Hubungan antara pengadukan dan konsentrasi biomassa terhadap kadar logam Pb yang terserap (% Removal).

Terlihat pada gambar 2, bahwa hasil terbaik dicapai pada pengadukan 200 rpm dan konsentrasi biomassa 3 mg/Lt, logam Pb yang terserap (% Removal) 66,79 %.



Gambar 3. Hubungan antara pengadukan dan konsentrasi biomassa terhadap kadar logam Pb sisa (mg/Lt)

Dari gambar diatas terlihat hasil terbaik dicapai pada pengadukan 200 rpm dan konsentrasi biomassa 3 mg/Lt, logam Pb yang tersisa 7,70 mg/Lt.

Hasil biosorpsi *Phanerochaete chrysosporium* terhadap logam Pb sangat tergantung pada proses pengadukan, semakin cepat pengadukan hasil penyerapan semakin besar sehingga kadar sisa logam Pb dalam air limbah semakin kecil. Hal ini disebabkan semakin cepat pengadukan maka kontak antara biomassa dengan ion-ion logam semakin cepat dan sempurna sehingga ion-ion logam yang terserap semakin besar pula, sesuai dengan pernyataan Fardias, S., 1987, bahwa transfer energy, substrat dan metabolit dalam bioreaktor dapat berlangsung dengan pengadukan yang baik, dan proses pengadukan mempunyai beberapa tujuan antara lain dispersi udara dalam larutan nutrient, homogenisasi untuk menyeragamkan suhu dan konsentrasi nutrient serta suspensi mikroba dan nutrient padat. Hasil

biosorpsi logam Pb dalam air limbah semakin naik seiring dengan bertambahnya kecepatan pengadukan tetapi cenderung konstan pada pengadukan 200 rpm dan 250 rpm, hal ini menunjukkan bahwa setelah pengadukan 200 rpm biomassa sudah dalam keadaan jenuh dan tidak bisa menyerap lagi, pada kondisi ini diperoleh kadar logam berat Pb yang terserap 15,69 mg/Lt (66,79 %), dan yang tersisa 7,70 mg/Lt.

Pengaruh konsentrasi biomassa pada biosorpsi logam Pb, menunjukkan bahwa kadar logam Pb yang terserap semakin meningkat seiring dengan semakin besarnya konsentrasi biomassa. Hal ini terjadi karena pada awal biosorpsi, permukaan dinding sel yang terdiri dari polisakarida yaitu senyawa alginat belum mengikat logam berat, sesuai dengan Paskin-Hurlburt, dkk., 1976 dalam Nurhayati dan Maryanti, E.N., 2004, bahwa proses biosorpsi ini terjadi ketika ion logam mengikat dinding sel dengan dua cara yang berbeda, pertama pertukaran ion dimana ion monovalent dan divalent seperti Na, Mg dan Ca pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat, dan kedua adalah formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan functional group seperti carbonyl, amino, thiol, hidroksi-carboxyl yang berada pada dinding sel.

Kondisi terbaik dicapai pada konsentrasi biomassa yang terbesar yaitu 3 gr/Lt dan kadar logam Pb yang terserap 15,49 mg/Lt (66,79 %), dan yang tersisa 7,70 mg/Lt.

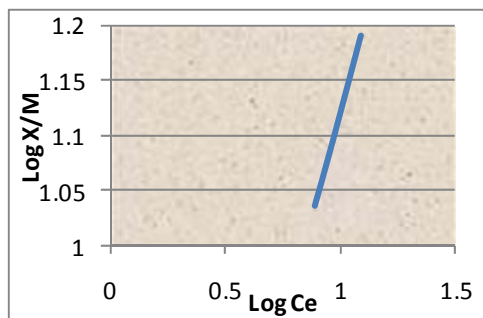
#### Penentuan konstanta daya serap *Phanerochaete chrysosporium*.

Hasil biosorpsi terbaik dicapai pada pengadukan 200 rpm dan konsentrasi 3 mg/Lt dengan kadar logam Pb sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil perhitungan persamaan Freundlich Isothermal untuk adsorpsi logam Pb dengan *Phanerochaete chrysosporium*.

Pengadukan (rpm)	Konsentrasi biomassa (mg/Lt)	Konsentrasi Pb terserap (mg/Lt)	Log Ce	Log X/M
200	1	10,86	1,091	1,036
	1,5	11,46	1,069	1,059
	2	13,18	1,020	1,120
	2,5	14,89	0,919	1,173
	3	15,49	0,887	1,190

Jika disajikan dalam bentuk gambar sbb :



Gambar 4. Hubungan antara Log Ce dengan (Log X/M)

Besarnya kapasitas penyerapan logam Pb oleh biomassa diperoleh persamaan

Freunlich Isothermal  $\log (X/M) = -0,7531 \log Ce + 1,8636$  dengan nilai  $R = 0,9913$ , konstanta  $n = 1,3278$  dan nilai  $k = 73,0466$ , sehingga jika nilai  $k$  semakin kecil maka logam terabsorb semakin besar dan berbanding terbalik dengan nilai  $n$ .

#### KESIMPULAN

*Phanerochaete* *Chrisosporium* mempunyai kemampuan untuk menyerap logam plumbum/timbal (Pb), proses penyerapan (biosorpsi) dipengaruhi oleh faktor pengadukan dan konsentrasi biomassa.

Pada kondisi terbaik proses ini dapat menurunkan kadar logam Pb dari 23,19 mg/liter menjadi 7,7 mg/liter dengan prosentase removal penurunan logam Pb 66,79 % dan kecepatan

pengadukan 200 rpm serta konsentrasi biomassa 3 gr/liter. Hasil ini belum memenuhi standart Baku Mutu Limbah Cair Industri yang ditetapkan oleh SK Gubernur Jatim Nomor 45 tahun 2002 yaitu 3 mg/lit untuk Gol IV, namun proses penurunan cukup besar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Fardiaz, S., 1987. Fisiologi Fermentasi, Lembaga Sumber Daya Informasi-IPB.
- H.M. Gadd, 1988. Biotechnology Vol 6, H.J. Rehm, ed.
- Hany, H., dkk., 2004. *Biosorption of Heavy Metal from Waste Water Using Pseudomonas sp.*
- Keputusan Gubernur Jatim Nomor 45 Tahun 2002. Baku Mutu Limbah Cair Industri dan Kegiatan Usaha Lainnya.
- Metcalf dan Eddy, 1991. Waste Water Engineering 3<sup>ed</sup>, Mc Graw Hill, Inc.
- Nurhayati dan Maryanti, E.N., 2004. Biosorpsi Timbal (Pb) dari Limbah Electroplating oleh *Saccharomyces Cerevisiae*, Skripsi Jurusan Teknik Kimia UPN "Veteran" Jatim.